

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-293236

(43) 公開日 平成10年(1998)11月4日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 2 B 7/02

G 0 2 B 7/02

E

7/00

7/00

F

G 0 3 B 17/02

G 0 3 B 17/02

H 0 4 N 5/225

H 0 4 N 5/225

D

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-104371

(22) 出願日 平成9年(1997)4月22日

(71) 出願人 594044646

株式会社エヌエイチケイテクノカルサービ
ス

東京都渋谷区神山町4番14号 第三共同ビ
ル

(72) 発明者 筒井 健夫

東京都渋谷区神山町4番14号 株式会社エ
ヌエイチケイテクノカルサービス内

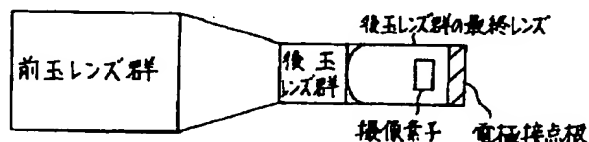
(74) 代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外9名)

(54) 【発明の名称】 固体撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 従来の固体撮像装置は、固体撮像素子や回路部品は小さいにもかかわらず、使用する撮像レンズが大きいため、全体として小型化できなかった。

【解決手段】 固体撮像素子が撮像レンズを構成するレンズ群の最後部レンズに含まれ、または、固体撮像素子の撮像面が撮像レンズを構成するレンズ群の最後部レンズの光出射面に密着して配置されているように構成した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも撮像レンズと固体撮像素子とを具えてなる固体撮像装置において、前記固体撮像素子が前記撮像レンズを構成するレンズ群の最後部レンズに含まれていることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項2】 少なくとも撮像レンズと固体撮像素子とを具えてなる固体撮像装置において、前記固体撮像素子の撮像面が、前記撮像レンズを構成するレンズ群の最後部レンズの光出射面に密着して配置されていることを特徴とする固体撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、テレビジョンカメラの一種である固体撮像装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の固体撮像装置においては、撮像管を用いたテレビジョンカメラと同様、撮像レンズとその撮像レンズによる被写体像を電気信号に変換する固体撮像素子とは分離して配置されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】近年、固体撮像素子を含めて回路部品の小型化が進み、テレビジョンカメラ、特に固体撮像装置の場合、撮像レンズによってその大きさが決まると言っても過言ではない。従って、全体を小さくするためには、撮像レンズの小型化が大きな課題となっている。

【0004】本発明の目的は、従来行われているように、固体撮像素子とは無関係に撮像レンズを小さくするレンズ系の設計に依存するのではなく、全く新規な方法で小型化された固体撮像装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明固体撮像装置は、少なくとも撮像レンズと固体撮像素子とを具えてなる固体撮像装置において、前記固体撮像素子が前記撮像レンズを構成するレンズ群の最後部レンズに含まれていることを特徴とするものである。

【0006】また、本発明固体撮像装置は、少なくとも撮像レンズと固体撮像素子とを具えてなる固体撮像装置において、前記固体撮像素子の撮像面が、前記撮像レンズを構成するレンズ群の最後部レンズの光出射面に密着して配置されていることを特徴とするものである。

【0007】

【発明の実施の形態】以下に添付図面を参照し、発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明する。

【0008】本発明固体撮像装置は、前述のように、固体撮像素子を、間に空気などを介することなくレンズの中に閉じ込め（固体撮像素子をレンズ系の中に挿入するのではなく、レンズを構成する物質中に直接含ませる）、または、固体撮像素子の撮像面をレンズに密着さ

せるなどして、撮像レンズの全長が短くなる（従って、レンズが小型化される）ようにしたものである。

【0009】固体撮像装置に限らずテレビジョンカメラの撮像レンズには、標準レンズのほか、ワイド、望遠あるいはズームレンズなどがあるが、いずれの場合も、レンズは、構成上前玉レンズ群と後玉レンズ群とに分けられ、本発明は、特に後玉レンズ群の、しかもその最後部レンズに適用されるものである。

【0010】図1は、本発明固体撮像装置の一実施形態の概念図である。図1に示すように、本実施形態では、前玉レンズ群（通常、前玉レンズ群がフォーカス機構を有している）と後玉レンズ群からなる通常の撮像レンズの、特に後玉の最後部レンズを延長して（通常のように、薄いレンズにしない）、その中に、例えばCCD固体撮像素子などの固体撮像素子を閉じ込める。

【0011】図1には示していないが、撮像素子出力電極からの撮像出力信号は、引き出し線によって、図中、ハッチで示され接点を有する電極接点板に導くものとする。なお、上記において「閉じ込める」としたが、要するに、固体撮像素子の撮像面がレンズに密着していればよいのであって、放熱の点などを考慮すれば、側面、裏面などを含めた固体撮像素子全体を空気等を介さず完全密着のかたちで閉じ込めてしまうことはむしろ好ましくない。

【0012】また、これをカラーテレビジョンカメラに構成する場合には、通常の固体撮像素子または撮像管を用いたカラーテレビジョンカメラにおいて、被写体の赤（R）、緑（G）および青（B）像の結像位置に固体撮像素子または撮像管の光電交換面が配置され、その前にダイクロイックミラーなどの三色分解光学系が配置されているのと同様、本発明が適用されるカラー固体撮像装置の場合においても、被写体光が三原色光に分解される位置に三色分解光学系を上記最後部レンズ中に閉じ込め、また、それによって分解された各色の光学像が結像するそれぞれの位置に、対応する色の固体撮像素子の撮像面が位置するように、各固体撮像素子を上記最後部レンズ中に閉じ込めるか、または、最後部レンズの光出射面に密着させる。

【0013】次に、本発明により、固体撮像素子をレンズの中に閉じ込め、または、固体撮像素子の撮像面をレンズの光出射面に密着させることにより、レンズを小型化することができる理由、すなわち、本発明の原理について説明する。なお、実際のテレビジョンカメラの撮像レンズは、上述したように、前玉および後玉の各レンズ群からなるが、それらの中でも各種の収差を補正したり、可変倍率機構を搭載しているため複雑な構成になっているが、被写体像が固体撮像素子の撮像面に結像するという基本原理について言えば、これは、単玉の薄いレンズに置き換えられるため、従来の撮像レンズを単玉の薄いレンズに、本発明による撮像レンズを1個の球面に

それぞれモデル化して、説明する。また、以下においては、レンズ設計の慣行に従い、レンズの中心から結像面（像面）までの距離および像面焦点距離を正、物体が存在する面（物体面）からレンズの中心までの距離および物体面焦点距離を負として表現する。

【0014】まず、従来の撮像レンズとしての単玉の薄いレンズによる結像光学系を図2に示し、これにつき検討する。図2においては、被写体（物体）から薄いレンズLの中心までおよびレンズLの中心から結像面までの各距離をそれぞれ $-s_i$ 、 s_i' で、被写体（物体）高 $\times 10$ 【数1】

$$\frac{1}{s_i'} - \frac{1}{s_i} = (n' - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \frac{1}{f_i'} = \Phi \quad (1)$$

ここに、 n' は、レンズLを構成する媒体（一般には、ガラス）の屈折率であり、また、 Φ は屈折率のパワーである。

【0016】上記（1）式において、被写体（物体）か※

$$\frac{1}{s_i'} = (n' - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = -\frac{1}{f} = \Phi \quad (2)$$

ここに、（1）式と（2）式を比較してみると、 $1/f_i'$ が $-1/f$ に置き換えられていることに気付くが、これは、物体面および像面の各焦点距離 $-f$ 、 f_i' 間の関係を $-f = f_i'$ と仮定したからである。

【0017】次に、本発明による撮像レンズとしての球面による結像光学系を図3に示し、これにつき検討する。図3においては、被写体（物体）から球面Sと光軸が交差する点までおよび球面Sと光軸が交差する点から結像面までの各距離をそれぞれ $-s_i$ 、 s_i' で、被写★

$$\frac{n_i'}{s_i'} - \frac{n}{s_i} = \frac{(n_i' - n)}{r} = \frac{n_i'}{f_i'} = -\frac{n}{f} = \Phi \quad (3)$$

ここに、 n 、 n_i' は、それぞれ球面Sより物体側、像側の各媒体の屈折率である。上記（3）式において、

（2）式と条件を同じにするため球面Sより物体側の媒体を空気（屈折率 $n = 1$ ）とし、かつ、被写体（物体）☆

$$\frac{n_i'}{s_i'} = \frac{(n_i' - 1)}{r} = \frac{n_i'}{f_i'} = -\frac{1}{f} = \Phi \quad (4)$$

【0019】いま、薄いレンズの場合と球面の場合についてそれぞれ得られた（2）、（4）式について、薄いレンズの曲率半径 r_1 、 r_2 と球面の曲率半径 r との関◆

$$\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \frac{1}{r} \quad (5)$$

（2）、（4）式から、次の（6）式が得られる。

$$f_i' = n_i' \cdot -f \quad (6)$$

ここに、 n_i' は、前述において定義したように、球面Sより像側の媒体（以下、球面レンズと呼ぶ）の屈折率である。また、上記（5）式を満足する限りにおいて

*および像高をそれぞれ y_i 、 y_i' で、レンズLの曲率半径を、それぞれ物体側および像側について r_1 、 r_2 で、および、物体面および像面の各焦点距離を $-f$ 、 f_i' （ただし、 $-f = f_i'$ ）でそれぞれ表している。

【0015】いま、レンズLに対する光の入、出射角が極めて小さいものとする（以下の説明では、すべてこの仮定が適用されるものとする）と、周知のように、幾何光学におけるガウスの屈折式は、次の（1）式によって表される。ここでは、空気の屈折率を1としている。

【数1】

※らレンズLの中心までの距離 $-s_i$ が負の無限大、すなわち無限遠方を撮影する場合を考えると（1）式は、次の（2）式となる。

【数2】

★体（物体）高および像高をそれぞれ y_i 、 y_i' で、球面Sの曲率半径を r で、物体面および像面の各焦点距離を $-f$ （薄いレンズの場合と、方向が反対であるが、長さは同じであるとする）、 f_i' でそれぞれ表している。

【0018】薄いレンズの場合の（1）式に相当する、球面による光学結像系のガウスの屈折式は、次の（3）式によって表される。

【数3】

☆から球面Sの中心までの距離 $-s_i$ が負の無限大、すなわち無限遠方を撮影する場合を考えると（3）式は、次の（4）式となる。

【数4】

40◆係を、次の（5）式を満足するように定めると、【数5】

は、像高に関して次の（7）式が成立し、

$$y_i' = n_i' \cdot y_i \quad (7)$$

となる。なお、像高に関しては慣行により正負の符号を考慮しない。

【0020】本発明によって撮像素子をレンズ中に閉じ

込めるということは、図3において球面Sから右方に継続している球面レンズ（一般には、ガラス）中に、像高 y_s' で示されている結像面が形成されることを意味し、その際、(6)式によって示されるように、像面焦点距離 f_s' は空気中での像面焦点距離（薄いレンズを使用したときに得られる像面焦点距離） f の n_s' 倍になる。また、(7)式から、同一像高を得るためのレンズの物体面焦点距離は、空気中に撮像素子を配置した場合の物体面焦点距離の $1/n_s'$ となる。

【0021】以上の検討結果から、撮像素子をレンズの中に閉じ込めると、物体面焦点距離が薄いレンズを使用したときと同じであれば、像面焦点距離は、球面レンズの物質（一般には、ガラス）の屈折率 n_s' 倍になり、これ（ n_s' ）は、通常1以上である。従って、いま仮に像面焦点距離を薄いレンズを用いたときと同じにすれば、物体面焦点距離は短くなり、レンズの小型化を図ることができる。

【0022】また、本発明により撮像素子を球面レンズに閉じ込めた場合と、薄いレンズを使用した場合とでは、物体面焦点距離を同じにすると、高い結像倍率（ $n_s' / n_s' s_s'$ ）が得られる。さらにまた、本発明において使用する球面レンズの屈折率 n_s' を小さくした場合には、物体面焦点距離が長くなり、ワイドレンズの設計の自由度が増し、固体撮像装置の性能向上を図ることができる。上記において、レンズ系の計算に関しては、高橋著「レンズ設計」1994年3月20日東海大学出版会発行を参考にした。

【0023】以上は、撮像素子をレンズの中に閉じ込めるという形態で本発明を実施した場合、すなわち、特許請求の範囲請求項1記載の固体撮像装置について説明したが、これは、他の形態すなわち、固体撮像素子の撮像面をレンズの光出射面に密着させる構成、すなわち、特許請求の範囲請求項2記載の固体撮像装置であっても、前述の(3)、(4)式は全く同じに成立し、全く同じ作用効果が得られることは明らかである。

【0024】最後に、本発明固体撮像装置は、その使用状態について言えば、後玉のしかも最後部レンズと撮像素子とが一体構造となっているから、これより前に配置され、この部分のレンズと適合した各種交換レンズ（例えば、標準、ワイド、望遠あるいはズームレンズなど）を用意し、これらのうちから1種を選択装着することによって、使用可能な状態となる。

【0025】また、別の実施の形態として、前玉から後

玉の最後部レンズ（最後部レンズには、撮像素子が一体構造化されている）までを取り外し不可能な、いわゆるレンズ交換できないかたちに、本発明固体撮像装置を構成することも勿論可能であり、この構成は、レンズが小型化されることを生かして、特に、ホームムービーや監視用のテレビジョンカメラに適している。

【0026】

【発明の効果】本発明によれば、以上説明したように、像面焦点距離を従来のレンズと同じにすると、物体面焦点距離が短くなるためレンズの小型化を図ることができ、このことは特に、望遠レンズの小型、軽量化という目的に対して、従来のレンズだけの改良によっては得られない効果を上げることができ、同時に、撮像装置の低価格化にも寄与することができる。

【0027】また、ワイドレンズの場合には、球面レンズの屈折率 n_s' を小さくすることができれば、同一像面焦点距離でも物体面焦点距離を長くできるため、レンズの設計が容易となり、そのレンズを用いた撮像装置の性能向上、低価格化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明固体撮像装置の一実施形態の概念図である。

【図2】従来の撮像レンズとしての単玉の薄いレンズによる結像光学系を示している。

【図3】本発明による撮像レンズとしての球面レンズによる結像光学系を示している。

【符号の説明】

L 薄いレンズ

S 球面（球面レンズ）

- s_s 、被写体（物体）からレンズの中心までの距離

- s_s' 、被写体（物体）から球面の中心までの距離

s_s' 、レンズの中心から結像面までの距離

s_s' 、球面の中心から結像面までの距離

y_s 、 y_s 、被写体（物体）高

y_s' 、 y_s' 、像高

r_s 、 r_s 、レンズの物体側および像側の曲率半径

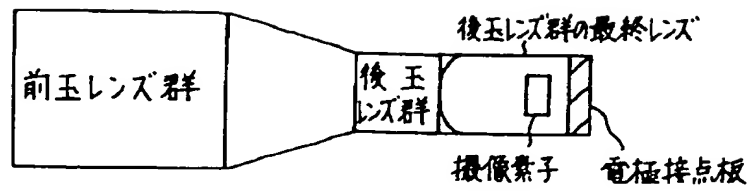
r 球面の曲率半径

- f_s 、 f_s' 、薄いレンズを使用した場合の物体面および像面焦点距離

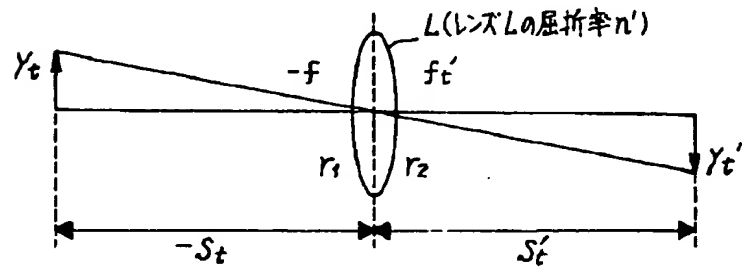
- f_s 、 f_s' 、球面レンズを使用した場合の物体面および像面焦点距離

n_s' 、 n_s 、 n_s' 各媒体の屈折率

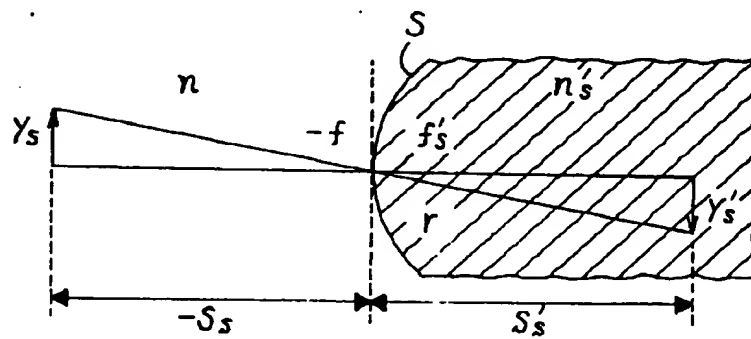
【図1】



【図2】



【図3】



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-293236

(43)公開日 平成10年(1998)11月4日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 2 B 7/02
7/00
G 0 3 B 17/02
H 0 4 N 5/225

識別記号

F I

G 0 2 B 7/02 E
7/00 F
G 0 3 B 17/02
H 0 4 N 5/225 D

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平9-104371

(22)出願日 平成9年(1997)4月22日

(71)出願人 594044646
株式会社エヌエイチケイテクノカルサービ
ス
東京都渋谷区神山町4番14号 第三共同ビ
ル

(72)発明者 筒井 健夫
東京都渋谷区神山町4番14号 株式会社エ
ヌエイチケイテクノカルサービス内

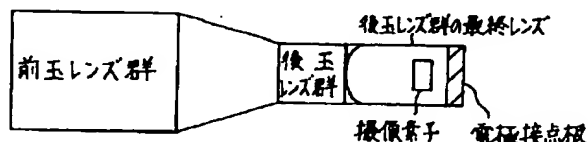
(74)代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外9名)

(54)【発明の名称】 固体撮像装置

(57)【要約】

【課題】 従来の固体撮像装置は、固体撮像素子や回路部品は小さいにもかかわらず、使用する撮像レンズが大きいいため、全体として小型化できなかった。

【解決手段】 固体撮像素子が撮像レンズを構成するレンズ群の最後部レンズに含まれ、または、固体撮像素子の撮像面が撮像レンズを構成するレンズ群の最後部レンズの光出射面に密着して配置されているように構成した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも撮像レンズと固体撮像素子とを具えてなる固体撮像装置において、前記固体撮像素子が前記撮像レンズを構成するレンズ群の最後部レンズに含まれていることを特徴とする固体撮像装置。

【請求項2】 少なくとも撮像レンズと固体撮像素子とを具えてなる固体撮像装置において、前記固体撮像素子の撮像面が、前記撮像レンズを構成するレンズ群の最後部レンズの光出射面に密着して配置されていることを特徴とする固体撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、テレビジョンカメラの一種である固体撮像装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の固体撮像装置においては、撮像管を用いたテレビジョンカメラと同様、撮像レンズとその撮像レンズによる被写体像を電気信号に変換する固体撮像素子とは分離して配置されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】近年、固体撮像素子を含めて回路部品の小型化が進み、テレビジョンカメラ、特に固体撮像装置の場合、撮像レンズによってその大きさが決まると言っても過言ではない。従って、全体を小さくするためには、撮像レンズの小型化が大きな課題となっている。

【0004】本発明の目的は、従来行われているように、固体撮像素子とは無関係に撮像レンズを小さくするレンズ系の設計に依存するのではなく、全く新規な方法で小型化された固体撮像装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明固体撮像装置は、少なくとも撮像レンズと固体撮像素子とを具えてなる固体撮像装置において、前記固体撮像素子が前記撮像レンズを構成するレンズ群の最後部レンズに含まれていることを特徴とするものである。

【0006】また、本発明固体撮像装置は、少なくとも撮像レンズと固体撮像素子とを具えてなる固体撮像装置において、前記固体撮像素子の撮像面が、前記撮像レンズを構成するレンズ群の最後部レンズの光出射面に密着して配置されていることを特徴とするものである。

【0007】

【発明の実施の形態】以下に添付図面を参照し、発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明する。

【0008】本発明固体撮像装置は、前述のように、固体撮像素子を、間に空気などを介することなくレンズの中に閉じ込め（固体撮像素子をレンズ系の中に挿入するのではなく、レンズを構成する物質中に直接含ませる）、または、固体撮像素子の撮像面をレンズに密着さ

せるなどして、撮像レンズの全長が短くなる（従って、レンズが小型化される）ようにしたものである。

【0009】固体撮像装置に限らずテレビジョンカメラの撮像レンズには、標準レンズのほか、ワイド、望遠あるいはズームレンズなどがあるが、いずれの場合も、レンズは、構成上前玉レンズ群と後玉レンズ群とに分けられ、本発明は、特に後玉レンズ群の、しかもその最後部レンズに適用されるものである。

【0010】図1は、本発明固体撮像装置の一実施形態の概念図である。図1に示すように、本実施形態では、前玉レンズ群（通常、前玉レンズ群がフォーカス機構を有している）と後玉レンズ群からなる通常の撮像レンズの、特に後玉の最後部レンズを延長して（通常のように、薄いレンズにしない）、その中に、例えばC C D固体撮像素子などの固体撮像素子を閉じ込める。

【0011】図1には示していないが、撮像素子出力電極からの撮像出力信号は、引き出し線によって、図中、ハッチで示され接点を有する電極接点板に導くものとする。なお、上記において「閉じ込める」としたが、要するに、固体撮像素子の撮像面がレンズに密着していればよいのであって、放熱の点などを考慮すれば、側面、裏面などを含めた固体撮像素子全体を空気等を介さず完全密着のかたちで閉じ込めてしまうことはむしろ好ましくない。

【0012】また、これをカラーテレビジョンカメラに構成する場合には、通常の固体撮像素子または撮像管を用いたカラーテレビジョンカメラにおいて、被写体の赤（R）、緑（G）および青（B）像の結像位置に固体撮像素子または撮像管の光電交換面が配置され、その前にダイクロイックミラーなどの三色分解光学系が配置されているのと同様、本発明が適用されるカラー固体撮像装置の場合においても、被写体光が三原色光に分解される位置に三色分解光学系を上記最後部レンズ中に閉じ込め、また、それによって分解された各色の光学像が結像するそれぞれの位置に、対応する色の固体撮像素子の撮像面が位置するように、各固体撮像素子を上記最後部レンズ中に閉じ込めるか、または、最後部レンズの光出射面に密着させる。

【0013】次に、本発明により、固体撮像素子をレンズの中に閉じ込め、または、固体撮像素子の撮像面をレンズの光出射面に密着させることにより、レンズを小型化することができる理由、すなわち、本発明の原理について説明する。なお、実際のテレビジョンカメラの撮像レンズは、上述したように、前玉および後玉の各レンズ群からなるが、それらの中でも各種の収差を補正したり、可変倍率機構を搭載しているため複雑な構成になっているが、被写体像が固体撮像素子の撮像面に結像するという基本原理について言えば、これは、単玉の薄いレンズに置き換えられるため、従来の撮像レンズを単玉の薄いレンズに、本発明による撮像レンズを1個の球面に

それぞれモデル化して、説明する。また、以下においては、レンズ設計の慣行に従い、レンズの中心から結像面（像面）までの距離および像面焦点距離を正、物体が存在する面（物体面）からレンズの中心までの距離および物体面焦点距離を負として表現する。

【0014】まず、従来の撮像レンズとしての単玉の薄いレンズによる結像光学系を図2に示し、これにつき検討する。図2においては、被写体（物体）から薄いレンズLの中心までおよびレンズLの中心から結像面までの各距離をそれぞれ $-s_i$ 、 s_i' で、被写体（物体）高*10

$$\frac{1}{s_i'} - \frac{1}{s_i} = (n' - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \frac{1}{f_i'} = \Phi \quad (1)$$

ここに、 n' は、レンズLを構成する媒体（一般には、ガラス）の屈折率であり、また、 Φ は屈折率のパワーである。

【0016】上記（1）式において、被写体（物体）か※

$$\frac{1}{s_i'} = (n' - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = -\frac{1}{f} = \Phi \quad (2)$$

ここに、（1）式と（2）式を比較してみると、 $1/f_i'$ が $-1/f$ に置き換えられていることに気がく、これは、物体面および像面の各焦点距離 $-f$ 、 f_i' 間の関係を $-f = f_i'$ と仮定したからである。

【0017】次に、本発明による撮像レンズとしての球面による結像光学系を図3に示し、これにつき検討する。図3においては、被写体（物体）から球面Sと光軸が交差する点までおよび球面Sと光軸が交差する点から結像面までの各距離をそれぞれ $-s_i$ 、 s_i' で、被写体☆

$$\frac{n_i'}{s_i'} - \frac{n}{s_i} = \frac{(n_i' - n)}{r} = \frac{n_i'}{f_i'} = -\frac{n}{f} = \Phi \quad (3)$$

ここに、 n 、 n_i' は、それぞれ球面Sより物体側、像側の各媒体の屈折率である。上記（3）式において、

（2）式と条件を同じにするため球面Sより物体側の媒体を空気（屈折率 $n = 1$ ）とし、かつ、被写体（物体）☆

$$\frac{n_i'}{s_i'} = \frac{(n_i' - 1)}{r} = \frac{n_i'}{f_i'} = -\frac{1}{f} = \Phi \quad (4)$$

【0019】いま、薄いレンズの場合と球面の場合についてそれぞれ得られた（2）、（4）式について、薄いレンズの曲率半径 r_1 、 r_2 と球面の曲率半径 r との関係

$$\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \frac{1}{r} \quad (5)$$

（2）、（4）式から、次の（6）式が得られる。

$$f_i' = n_i' \cdot -f \quad (6)$$

ここに、 n_i' は、前述において定義したように、球面Sより像側の媒体（以下、球面レンズと呼ぶ）の屈折率である。また、上記（5）式を満足する限りにおいて

*および像高をそれぞれ y_i 、 y_i' で、レンズLの曲率半径を、それぞれ物体側および像側について r_1 、 r_2 で、および、物体面および像面の各焦点距離を $-f$ 、 f_i' （ただし、 $-f = f_i'$ ）でそれぞれ表している。

【0015】いま、レンズLに対する光の入、出射角が極めて小さいものとする（以下の説明では、すべてこの仮定が適用されるものとする）と、周知のように、幾何光学におけるガウスの屈折式は、次の（1）式によって表される。ここでは、空気の屈折率を1としている。

【数1】

※らレンズLの中心までの距離 $-s_i$ が負の無限大、すなわち無限遠方を撮影する場合を考えると（1）式は、次の（2）式となる。

【数2】

☆体（物体）高および像高をそれぞれ y_i 、 y_i' で、球面Sの曲率半径を r で、物体面および像面の各焦点距離を $-f$ （薄いレンズの場合と、方向が反対であるが、長さは同じであるとする）、 f_i' でそれぞれ表している。

【0018】薄いレンズの場合の（1）式に相当する、球面による光学結像系のガウスの屈折式は、次の（3）式によって表される。

【数3】

☆から球面Sの中心までの距離 $-s_i$ が負の無限大、すなわち無限遠方を撮影する場合を考えると（3）式は、次の（4）式となる。

【数4】

40◆係を、次の（5）式を満足するように定めると、

【数5】

は、像高に関して次の（7）式が成立し、

$$y_i' = n_i' \cdot y_i \quad (7)$$

となる。なお、像高に関しては慣行により正負の符号を考慮しない。

【0020】本発明によって撮像素子をレンズ中に閉じ

込めるということは、図3において球面Sから右方に継続している球面レンズ（一般には、ガラス）中に、像高 y_s' で示されている結像面が形成されることを意味し、その際、(6)式によって示されるように、像面焦点距離 f_s' は空気中での像面焦点距離（薄いレンズを使用したときに得られる像面焦点距離） f の n_s' 倍になる。また、(7)式から、同一像高を得るためのレンズの物体面焦点距離は、空気中に撮像素子を配置した場合の物体面焦点距離の $1/n_s'$ となる。

【0021】以上の検討結果から、撮像素子をレンズの中に閉じ込めると、物体面焦点距離が薄いレンズを使用したときと同じであれば、像面焦点距離は、球面レンズの物質（一般には、ガラス）の屈折率 n_s' 倍になり、これ（ n_s' ）は、通常1以上である。従って、いま仮に像面焦点距離を薄いレンズを用いたときと同じにすれば、物体面焦点距離は短くなり、レンズの小型化を図ることができる。

【0022】また、本発明により撮像素子を球面レンズに閉じ込めた場合と、薄いレンズを使用した場合とは、物体面焦点距離を同じにすると、高い結像倍率（ $n_s' / n_s' s_s'$ ）が得られる。さらにまた、本発明において使用する球面レンズの屈折率 n_s' を小さくした場合には、物体面焦点距離が長くなり、ワイドレンズの設計の自由度が増し、固体撮像装置の性能向上を図ることができる。上記において、レンズ系の計算に関しては、高橋著「レンズ設計」1994年3月20日東海大学出版会発行を参考にした。

【0023】以上は、撮像素子をレンズの中に閉じ込めるという形態で本発明を実施した場合、すなわち、特許請求の範囲請求項1記載の固体撮像装置について説明したが、これは、他の形態すなわち、固体撮像素子の撮像面をレンズの光出射面に密着させる構成、すなわち、特許請求の範囲請求項2記載の固体撮像装置であっても、前述の(3)、(4)式は全く同じに成立し、全く同じ作用効果が得られることは明らかである。

【0024】最後に、本発明固体撮像装置は、その使用状態について言えば、後玉のしかも最後部レンズと撮像素子とが一体構造となっているから、これより前に配置され、この部分のレンズと適合した各種交換レンズ（例えば、標準、ワイド、望遠あるいはズームレンズなど）を用意し、これらのうちから1種を選択装着することによって、使用可能な状態となる。

【0025】また、別の実施の形態として、前玉から後

玉の最後部レンズ（最後部レンズには、撮像素子が一体構造化されている）までを取り外し不可能な、いわゆるレンズ交換できないかたちに、本発明固体撮像装置を構成することも勿論可能であり、この構成は、レンズが小型化されることを生かして、特に、ホームムービーや監視用のテレビジョンカメラに適している。

【0026】

【発明の効果】本発明によれば、以上説明したように、像面焦点距離を従来のレンズと同じにすると、物体面焦点距離が短くなるためレンズの小型化を図ることができ、このことは特に、望遠レンズの小型、軽量化という目的に対して、従来のレンズだけの改良によっては得られない効果を上げることができ、同時に、撮像装置の低価格化にも寄与することができる。

【0027】また、ワイドレンズの場合には、球面レンズの屈折率 n_s' を小さくすることができれば、同一像面焦点距離でも物体面焦点距離を長くできるため、レンズの設計が容易となり、そのレンズを用いた撮像装置の性能向上、低価格化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明固体撮像装置の一実施形態の概念図である。

【図2】従来の撮像レンズとしての単玉の薄いレンズによる結像光学系を示している。

【図3】本発明による撮像レンズとしての球面レンズによる結像光学系を示している。

【符号の説明】

L 薄いレンズ

S 球面（球面レンズ）

— s 、被写体（物体）からレンズの中心までの距離

— s_s' 、被写体（物体）から球面の中心までの距離

s_s' レンズの中心から結像面までの距離

s_s' 球面の中心から結像面までの距離

y_s 、 y 、被写体（物体）高

y_s' 、 y_s' 像高

r_1 、 r_2 レンズの物体側および像側の曲率半径

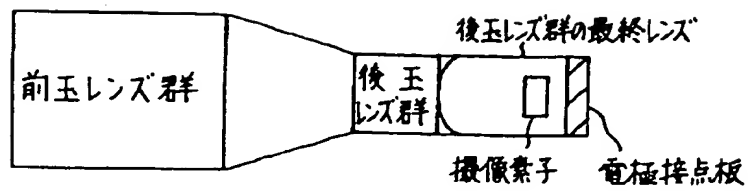
r 球面の曲率半径

— f 、 f_s' 薄いレンズを使用した場合の物体面および像面焦点距離

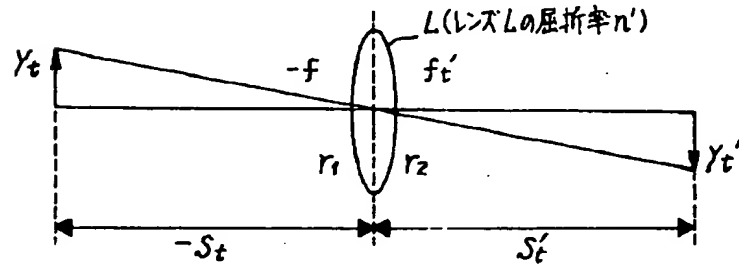
— f 、 f_s' 球面レンズを使用した場合の物体面および像面焦点距離

n' 、 n 、 n_s' 各媒体の屈折率

【図1】



【図2】



【図3】

